

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2004年7月1日 (01.07.2004)

PCT

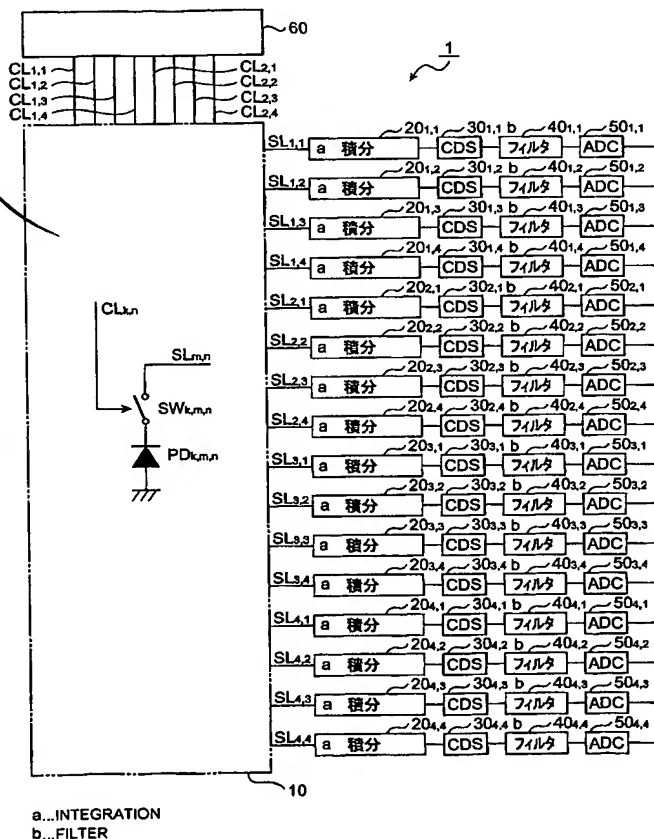
(10) 国際公開番号
WO 2004/056093 A1

- (51) 国際特許分類: H04N 5/335, H01L 27/146 [JP/JP]; 〒435-8558 静岡県 浜松市 市野町1126番地の1 Shizuoka (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2003/016114
- (22) 国際出願日: 2003年12月16日 (16.12.2003)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2002-364123
2002年12月16日 (16.12.2002) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 浜松ホトニクス株式会社 (HAMAMATSU PHOTONICS K.K.)
- (72) 発明者; および
- (73) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 鈴木 保博 (SUZUKI, Yasuhiro) [JP/JP]; 〒435-8558 静岡県 浜松市 市野町1126番地の1 浜松ホトニクス株式会社内 Shizuoka (JP). 水野 誠一郎 (MIZUNO, Seichiro) [JP/JP]; 〒435-8558 静岡県 浜松市 市野町1126番地の1 浜松ホトニクス株式会社内 Shizuoka (JP).
- (74) 代理人: 長谷川 芳樹, 外 (HASEGAWA, Yoshiki et al.); 〒104-0061 東京都 中央区 銀座一丁目10番6号 銀座ファーストビル 創英国際特許法律事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,

[続葉有]

(54) Title: OPTICAL SENSOR

(54) 発明の名称: 光検出装置



(57) Abstract: An optical sensor the S/N ratio and speed of which are both ensured. The optical sensor (1) has an optical sensing part (10) where (K×M×N) photodiodes (PD_{k,m,n}) are arranged in a matrix of M rows and (K×N) columns. For the (K×N) photodiodes (PD_{k,m,n} (k=1 to K, n=1 to N)) of each row, processings (charge storage, CDS, filtering, and A/D conversion) are carried out every time T. The charge storage operation by an integrating circuit (20_{m,n}), the CDS operation by a CDS circuit (30_{m,n}), the filtering operation by a filter circuit (40_{m,n}), and the A/D conversion operation by an A/D conversion circuit (50_{m,n}) are carried out every time (N×T).

[続葉有]



DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 国際調査報告書

- (84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI,

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約:

本発明は、S/N比および速度の何れをも確保することができる光検出装置を提供することを目的とする。光検出装置1では、 $(K \times M \times N)$ 個のフォトダイオード $PD_{k,m,n}$ が光検出部10においてM行($K \times N$)列に配列されていて、各行の($K \times N$)個のフォトダイオード $PD_{k,m,n}$ ($k = 1 \sim K$, $n = 1 \sim N$)それぞれについて、時間T毎に処理(電荷蓄積、CDS、フィルタリング、A/D変換)がなされる。積分回路20_{m,n}における電荷蓄積動作、CDS回路30_{m,n}におけるCDS動作、フィルタ回路40_{m,n}におけるフィルタリング動作、および、A/D変換回路50_{m,n}におけるA/D変換動作それぞれは、時間($N \times T$)毎に処理がなされる。

明細書

光検出装置

技術分野

【０００１】 本発明は、配列された複数のフォトダイオードを含む光検出装置
5 に関するものである。

背景技術

【０００２】 光検出装置は、２次元状または１次元状に配列された複数のフォ
トダイオードと、アンプおよび積分容量素子を含む積分回路とを備えた装置であ
り、また、さらに以降の信号処理回路をも備える場合がある（例えば、日本国の
10 特開平９－２７０９６０号公報を参照）。この光検出装置では、各フォトダイ
オードへの入射光の強度に応じた量の電荷が該フォトダイオードから出力され、そ
の電荷が積分容量素子に蓄積され、その蓄積された電荷の量に応じた電圧値が積
分回路から出力される。複数のフォトダイオードそれぞれで発生した電荷の量に
15 応じて積分回路から出力される電圧値に基づいて、複数のフォトダイオードが配
列された光検出面へ入射する光が検出される。

発明の開示

【０００３】 しかしながら、このような光検出装置において高速に光検出する
際には、積分回路に含まれるアンプで生じる熱雑音が大きくなり、この熱雑音が
光検出のＳ／Ｎ比の劣化の要因となる。アンプの熱雑音 V_n は次式で表される。

$$V_n = \frac{C_d}{C_f} \sqrt{\frac{8kTB}{3G_m}} \quad \dots (1)$$

【０００４】 ここで、 C_d は、フォトダイオードの接合容量値と、フォトダイ
オードから積分回路に至るまでの配線の容量値との和である。 C_f は、積分回路の
積分容量素子の容量値である。 k は、ボルツマン定数である。 T は、温度である。
25 B は、積分回路に含まれるアンプの周波数帯域である。また、 G_m は、積分回路
に含まれるアンプの入力トランジスタ・コンダクタンスである。

【0005】 上記(1)式の右辺中に現れるパラメータのうち、熱雑音の低減に寄与し得るのは、 B および G_m である。 G_m が大きいほど、熱雑音の低減に有効ではあるが、アンプの消費電力が大きくなる。多数のアンプを集積化する場合には、アンプの消費電力が大きいと、発熱の問題が生じる。したがって、 G_m を大きくするにも限界がある。また、 B が小さいほど、熱雑音の低減に有効ではあるが、光検出の速度の低下をもたらすことになる。このように、光検出の高速化と S/N 比改善との両立は困難である。

【0006】 本発明は、上記問題点を解消する為になされたものであり、 S/N 比および速度の何れをも確保することができる光検出装置を提供することを目的とする。

【0007】 本発明に係る光検出装置は、(1) 入射光強度に応じた量の電荷を各々発生する($K \times M \times N$)個のフォトダイオード $PD_{k,m,n}$ と(ただし、 K は2以上の整数、 k は1以上 K 以下の各整数、 M は1以上の整数、 m は1以上 M 以下の各整数、 N は2以上の整数、 n は1以上 N 以下の各整数)、(2) ($K \times M \times N$)個のフォトダイオード $PD_{k,m,n}$ のうち K 個のフォトダイオード $PD_{k,m,n}$ ($k = 1 \sim K$)に対応して1つずつ設けられ、これら K 個のフォトダイオード $PD_{k,m,n}$ ($k = 1 \sim K$)それぞれで発生した電荷を順次に入力して蓄積し、この蓄積した電荷の量に応じた電圧値を出力する($M \times N$)個の積分回路と、(3) ($M \times N$)個の積分回路それぞれに対応して1つずつ設けられ、各々対応する積分回路から出力された電圧値に含まれる熱雑音成分を低減して、その熱雑音成分低減後の電圧値を出力する($M \times N$)個のフィルタ回路と、を備えることを特徴とする。

【0008】 本発明に係る光検出装置では、各 m 値および各 n 値について、 K 個のフォトダイオード $PD_{k,m,n}$ ($k = 1 \sim K$)それぞれにおいて光入射に応じて発生した電荷は、順次に、1個の積分回路に入力して蓄積され、この蓄積された電荷の量に応じた電圧値が積分回路から出力される。そして、積分回路から出力された電圧値に含まれる熱雑音成分はフィルタ回路により低減されて、熱雑音成

分低減後の電圧値がフィルタ回路から出力される。したがって、この光検出装置は、 S/N 比および速度の何れをも確保することができる。

【0009】 本発明に係る光検出装置は、積分回路とフィルタ回路との間に設けられ、積分回路から出力された電圧値を入力し、この電圧値の一定時間の変化分を表す電圧値を出力するCDS回路を更に備えるのが好適である。この場合、積分回路から出力された電圧値はCDS回路に入力して、この電圧値の一定時間の変化分を表す電圧値がCDS回路から出力されるので、積分回路のアンプのオフセットばらつきがCDS回路により除去され得る。

【0010】 本発明に係る光検出装置は、フィルタ回路から出力された電圧値を入力し、この電圧値をA/D変換して、この電圧値に応じたデジタル値を出力するA/D変換回路を更に備えるのが好適である。この場合には、フィルタ回路から出力された電圧値はA/D変換回路に入力して、この電圧値に応じたデジタル値がA/D変換回路から出力される。

【0011】 本発明に係る光検出装置は、 $(K \times M \times N)$ 個のフォトダイオード $PD_{k,m,n}$ がM行($K \times N$)列に2次元状 ($M=2$ のとき) または1次元状 ($M=1$ のとき) に配列されており、フォトダイオード $PD_{k,m,n}$ が第m行第 $(n + (k - 1)N)$ 列の位置に配置されているのが好適である。この場合には、フォトダイオードについての処理 (電荷蓄積およびフィルタリングの他、必要に応じてCDSおよびA/D変換) は、各行について列の並び順になされ得る。

図面の簡単な説明

【0012】 図1は、本実施形態に係る光検出装置1の全体構成図である。

【0013】 図2は、本実施形態に係る光検出装置1の一部構成図である。

【0014】 図3は、本実施形態に係る光検出装置1の回路図である。

【0015】 図4は、本実施形態に係る光検出装置1の動作を説明するタイミングチャートである。

【0016】 図5は、本実施形態に係る光検出装置1の他の回路例を示す図で

ある。

発明を実施するための最良の形態

【００１７】 以下、添付図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。

なお、図面の説明において同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

【００１８】 図１は、本実施形態に係る光検出装置１の全体構成図である。図２は、本実施形態に係る光検出装置１の一部構成図である。図１で示された光検出部１０の詳細が図２に示されている。

【0019】 これらの図に示される光検出装置1は、光検出部10、 $(M \times N)$ 個の積分回路20_{1,1}～20_{M,N}、 $(M \times N)$ 個のCDS回路30_{1,1}～30_{M,N}、 $(M \times N)$ 個のフィルタ回路40_{1,1}～40_{M,N}、 $(M \times N)$ 個のA/D変換回路50_{1,1}～50_{M,N}、および制御回路60を備える。また、光検出部10は、 $(K \times M \times N)$ 個のフォトダイオードPD_{1,1,1}～PD_{K,M,N}、および、 $(K \times M \times N)$ 個のスイッチSW_{1,1,1}～SW_{K,M,N}を有する。ここで、Kは2以上の整数であり、Mは1以上の整数であり、Nは2以上の整数である。また、以下に現れるk, m, nについては、kは1以上K以下の各整数であり、mは1以上M以下の各整数であり、nは1以上N以下の各整数である。なお、図1および図2では、Kを2とし、MおよびNを4としている。

【0020】 フォトダイオード $PD_{k,m,n}$ は、入射光強度に応じた量の電荷を発生して接合容量部に蓄積するものである。これら $(K \times M \times N)$ 個のフォトダイオード $PD_{k,m,n}$ は、光検出部 10 において、 M 行 $(K \times N)$ 列に 2 次元状 ($M=2$ のとき) または 1 次元状 ($M=1$ のとき) に等間隔に配列されている。フォトダイオード $PD_{k,m,n}$ は第 m 行第 $(n + (k - 1)N)$ 列の位置に配置されている。スイッチ $SW_{k,m,n}$ は、フォトダイオード $PD_{k,m,n}$ に対して 1 対 1 に対応して、該フォトダイオード $PD_{k,m,n}$ と信号線 $SL_{m,n}$ との間に設けられている。 K 個のフォトダイオード $PD_{k,m,n}$ ($k = 1 \sim K$) それぞれは、対応するスイッチ $SW_{k,m,n}$ を介して、信号

線 $SL_{m,n}$ と接続されている。この信号線 $SL_{m,n}$ は、積分回路 $20_{m,n}$ の入力端に接続されている。また、 M 個のスイッチ $SW_{k,m,n}$ ($m=1\sim M$) は、制御回路 60 から制御線 $CL_{k,n}$ に出力された制御信号により一括して開閉が制御される。

【0021】 積分回路 $20_{m,n}$ は、 K 個のフォトダイオード $PD_{k,m,n}$ ($k=1\sim K$) に対応して1つずつ設けられており、これら K 個のフォトダイオード $PD_{k,m,n}$ ($k=1\sim K$) それぞれで発生した電荷がスイッチ $SW_{k,m,n}$ および信号線 $SL_{m,n}$ を経て順次に到達した電荷を入力して蓄積し、この蓄積した電荷の量に応じた電圧値を出力する。CDS (Correlated Double Sampling、相関二重サンプリング) 回路 $30_{m,n}$ は、積分回路 $20_{m,n}$ から出力された電圧値を入力し、この電圧値の一定時間の変化分を表す電圧値を出力する。

【0022】 フィルタ回路 $40_{m,n}$ は、CDS 回路 $30_{m,n}$ から出力された電圧値を入力して、この電圧値に含まれる熱雑音成分を低減して、その熱雑音成分低減後の電圧値を出力する。このフィルタ回路 $40_{m,n}$ は、熱雑音成分を低減し得るフィルタ特性を有するローパスフィルタであるのが好適である。A/D変換回路 $50_{m,n}$ は、フィルタ回路 $40_{m,n}$ から出力された電圧値を入力し、この電圧値をA/D変換して、この電圧値 (アナログ値) に応じたデジタル値を出力する。

【0023】 制御回路 60 は、($K\times M\times N$) 個のスイッチ $SW_{1,1,1}\sim SW_{K,M,N}$ それぞれの開閉を制御する為の制御信号を制御線 $CL_{k,n}$ に出力する。また、制御回路 60 は、積分回路 $20_{m,n}$ 、CDS 回路 $30_{m,n}$ およびA/D変換回路 $50_{m,n}$ それぞれの動作をも制御する。

【0024】 図3は、本実施形態に係る光検出装置1の回路図である。この図では、簡略化の為に、フォトダイオード $PD_{k,m,n}$ 、スイッチ $SW_{k,m,n}$ 、積分回路 $20_{m,n}$ 、CDS 回路 $30_{m,n}$ 、フィルタ回路 $40_{m,n}$ およびA/D変換回路 $50_{m,n}$ が1組のみ示されている。

【0025】 積分回路 $20_{m,n}$ は、アンプ A_{20} 、積分容量素子 C_{20} およびスイッチ SW_{20} を有している。アンプ A_{20} の入力端子は信号線 $SL_{m,n}$ に接続されている。

アンプ A_{20} の入出力端子間に積分容量素子 C_{20} およびスイッチ SW_{20} が並列的に設けられている。スイッチ SW_{20} は制御部 60 により制御されて開閉する。スイッチ SW_{20} が閉じているとき、積分容量素子 C_{20} は放電されて、積分回路 $20_{m,n}$ から出力される電圧値は初期化される。一方、スイッチ SW_{20} が開いているとき、

5 信号線 $SL_{m,n}$ を経て到達した電荷が積分容量素子 C_{20} に蓄積され、この積分容量素子 C_{20} に蓄積されている電荷の量に応じた電圧値が積分回路 $20_{m,n}$ から出力される。

【0026】 CDS回路 $30_{m,n}$ は、アンプ A_{30} 、積分容量素子 C_{31} 、結合容量素子 C_{32} およびスイッチ SW_{30} を有している。アンプ A_{30} の入力端子は、結合容量素子 C_{32} を介して、積分回路 $20_{m,n}$ のアンプ A_{20} の出力端子に接続されている。アンプ A_{30} の入出力端子間に積分容量素子 C_{31} およびスイッチ SW_{30} が並列的に設けられている。スイッチ SW_{30} は制御部 60 により制御されて開閉する。スイッチ SW_{30} が閉じているとき、積分容量素子 C_{31} は放電されて、CDS回路 $30_{m,n}$ から出力される電圧値は初期化される。一方、スイッチ SW_{30} が開いた時刻 t_0 より以降、積分回路 $20_{m,n}$ から出力された電圧値の変動分に応じた電荷が積分容量素子 C_{31} に蓄積され、この積分容量素子 C_{31} に蓄積されている電荷の量に応じた電圧値がCDS回路 $30_{m,n}$ から出力される。

10

15

【0027】 フィルタ回路 $40_{m,n}$ は、抵抗素子 R_{40} および容量素子 C_{40} を有している。抵抗素子 R_{40} は、フィルタ回路 $40_{m,n}$ の入力端と出力端との間に設けられており、その出力端は、容量素子 C_{40} を介して接地電位と接続されている。このフィルタ回路 $40_{m,n}$ はローパスフィルタとして作用し、そのフィルタ特性におけるカットオフ周波数は、抵抗素子 R_{40} の抵抗値および容量素子 C_{40} の容量値に応じたものである。

20

【0028】 図3に示された回路図において、各素子の特性値の一例は以下のとおりである。フォトダイオード $PD_{m,n}$ の接合容量値 C_d と信号線 $SL_{m,n}$ の寄生容量値との和は 220 pF であり、信号線 $SL_{m,n}$ の抵抗値は $1\text{ k}\Omega$ である。積分

25

回路 $20_{m,n}$ の積分容量素子 C_{20} の容量値 C_f は 1.25 pF であり、積分回路 $20_{m,n}$ のアンプ A_{20} の周波数帯域 B は 1 MHz であり、アンプ A_{20} の入力トランジスタ・コンダクタンス G_m は 10 mS である。また、温度 T は 27°C である。このとき、積分回路 $20_{m,n}$ のアンプ A_{20} で生じる熱雑音 V_n は $1210 \mu\text{V}_{\text{rms}}$ である。そして、フィルタ回路 $40_{m,n}$ の容量素子 C_{40} の容量値を 100 pF とし、フィルタ回路 $40_{m,n}$ の抵抗素子 R_{40} の抵抗値を $20 \text{ k}\Omega$ とすると、フィルタ回路 $40_{m,n}$ のフィルタ特性におけるカットオフ周波数は 0.08 MHz であり、フィルタ回路 $40_{m,n}$ から出力される電圧値に含まれる熱雑音成分は $724 \mu\text{V}_{\text{rms}}$ まで低減される。

【0029】 次に、本実施形態に係る光検出装置 1 の動作について説明する。本実施形態に係る光検出装置 1 は、制御部 60 による制御の下に、以下のように動作する。図 4 は、本実施形態に係る光検出装置 1 の動作を説明するタイミングチャートである。この光検出装置 1 は、第 1 行～第 M 行が並列動作する。

【0030】 この図には、上から順に、スイッチ $SW_{1,m,1}$ の開閉、スイッチ $SW_{1,m,2}$ の開閉、スイッチ $SW_{1,m,3}$ の開閉、スイッチ $SW_{1,m,4}$ の開閉、スイッチ $SW_{2,m,1}$ の開閉、スイッチ $SW_{2,m,2}$ の開閉、スイッチ $SW_{2,m,3}$ の開閉、および、スイッチ $SW_{2,m,4}$ の開閉、が示されている。さらに続いて、積分回路 $20_{m,1}$ の出力電圧値、積分回路 $20_{m,2}$ の出力電圧値、積分回路 $20_{m,3}$ の出力電圧値、積分回路 $20_{m,4}$ の出力電圧値、フィルタ回路 $40_{m,1}$ の出力電圧値、フィルタ回路 $40_{m,2}$ の出力電圧値、フィルタ回路 $40_{m,3}$ の出力電圧値、フィルタ回路 $40_{m,4}$ の出力電圧値、A/D 変換回路 $50_{m,1}$ の出力デジタル値、A/D 変換回路 $50_{m,2}$ の出力デジタル値、A/D 変換回路 $50_{m,3}$ の出力デジタル値、および、A/D 変換回路 $50_{m,4}$ の出力デジタル値、が示されている。

【0031】 また、この図に示されるように、光検出装置 1 の動作は、循環する 8 つの期間 $T_{1,1}$ 、 $T_{1,2}$ 、 $T_{1,3}$ 、 $T_{1,4}$ 、 $T_{2,1}$ 、 $T_{2,2}$ 、 $T_{2,3}$ および $T_{2,4}$ に区分される。これらの各期間 $T_{k,n}$ の時間 T は一定である。スイッチ $SW_{1,m,1}$ は期間 $T_{1,1}$ 内

に閉じ、スイッチ $SW_{1,m,2}$ は期間 $T_{1,2}$ 内に閉じ、スイッチ $SW_{1,m,3}$ は期間 $T_{1,3}$ 内に閉じ、スイッチ $SW_{1,m,4}$ は期間 $T_{1,4}$ 内に閉じ、スイッチ $SW_{2,m,1}$ は期間 $T_{2,1}$ 内に閉じ、スイッチ $SW_{2,m,2}$ は期間 $T_{2,2}$ 内に閉じ、スイッチ $SW_{2,m,3}$ は期間 $T_{2,3}$ 内に閉じ、スイッチ $SW_{2,m,4}$ は期間 $T_{2,4}$ 内に閉じ、以降、このようなスイッチの開閉が繰り返される。

【0032】 スイッチ $SW_{1,m,1}$ は期間 $T_{1,1}$ 内に閉じる。また、この期間 $T_{1,1}$ 前に、積分回路 $20_{m,1}$ のスイッチ SW_{20} は一旦閉じた後に開き、積分回路 $20_{m,1}$ の出力電圧値は初期化されている。スイッチ $SW_{1,m,1}$ が閉じると、それまでフォトダイオード $PD_{1,m,1}$ で発生して接合容量部に蓄積されていた電荷は、スイッチ $SW_{1,m,1}$ および信号線 $SL_{m,1}$ を経て積分回路 $20_{m,1}$ に入力し、この積分回路 $20_{m,1}$ の積分容量素子 C_{20} に蓄積され、その蓄積された電荷の量に応じた電圧値が積分回路 $20_{m,1}$ から出力される。積分回路 $20_{m,1}$ の出力電圧値は期間 $T_{1,1}$ 後も期間 $T_{1,3}$ まで保持され、期間 $T_{1,4}$ になって、積分回路 $20_{m,1}$ のスイッチ SW_{20} が閉じると、積分回路 $20_{m,1}$ の出力電圧値が初期化される。

【0033】 積分回路 $20_{m,1}$ の出力電圧値は CDS 回路 $30_{m,1}$ に入力する。この CDS 回路 $30_{m,1}$ からは、期間 $T_{1,1}$ から期間 $T_{1,2}$ までのうちの一定時間における積分回路 $20_{m,1}$ の出力電圧値の変化分に応じた電圧値が出力される。 CDS 回路 $30_{m,1}$ の出力電圧値は、フィルタ回路 $40_{m,1}$ に入力して熱雑音成分が低減される。しかし、フィルタ回路 $40_{m,1}$ のフィルタ特性に因り、フィルタ回路 $40_{m,1}$ の出力電圧波形は、 CDS 回路 $30_{m,1}$ の出力電圧波形と比べて鈍ったものとなる。

【0034】 フィルタ回路 $40_{m,1}$ の出力電圧値は、その値が安定した時点で A/D 変換回路 $50_{m,1}$ により A/D 変換されて、期間 $T_{1,3}$ に A/D 変換回路 $50_{m,1}$ からデジタル値が出力される。ここで、期間 $T_{1,3}$ に A/D 変換回路 $50_{m,1}$ から出力されるデジタル値は、期間 $T_{1,1}$ にフォトダイオード $PD_{1,m,1}$ の接合容量部から積分回路 $20_{m,1}$ の積分容量素子 C_{20} に移動した電荷の量に応じたもの、すな

わち、フォトダイオード $PD_{1,m,1}$ への光入射の強度に応じたものである。

【0035】 また、スイッチ $SW_{2,m,1}$ は期間 $T_{2,1}$ 内に閉じる。また、この期間 $T_{2,1}$ 前に、積分回路 $20_{m,1}$ のスイッチ SW_{20} は一旦閉じた後に開き、積分回路 $20_{m,1}$ の出力電圧値は初期化されている。スイッチ $SW_{2,m,1}$ が閉じると、それまで
5 フォトダイオード $PD_{2,m,1}$ で発生して接合容量部に蓄積されていた電荷は、スイッチ $SW_{2,m,1}$ および信号線 $SL_{m,1}$ を経て積分回路 $20_{m,1}$ に入力し、この積分回路 $20_{m,1}$ の積分容量素子 C_{20} に蓄積され、その蓄積された電荷の量に応じた電圧値が積分回路 $20_{m,1}$ から出力される。積分回路 $20_{m,1}$ の出力電圧値は期間 $T_{2,1}$ 後も期間 $T_{2,3}$ まで保持され、期間 $T_{2,4}$ になって、積分回路 $20_{m,1}$ のスイッチ SW_{20} が閉じると、積分回路 $20_{m,1}$ の出力電圧値が初期化される。
10

【0036】 積分回路 $20_{m,1}$ の出力電圧値は CDS 回路 $30_{m,1}$ に入力する。この CDS 回路 $30_{m,1}$ からは、期間 $T_{2,1}$ から期間 $T_{2,2}$ までのうちの一定時間における積分回路 $20_{m,1}$ の出力電圧値の変化分に応じた電圧値が出力される。 CDS 回路 $30_{m,1}$ の出力電圧値は、フィルタ回路 $40_{m,1}$ に入力して熱雑音成分が低減される。しかし、フィルタ回路 $40_{m,1}$ のフィルタ特性に因り、フィルタ回路 $40_{m,1}$ の出力電圧波形は、 CDS 回路 $30_{m,1}$ の出力電圧波形と比べて鈍ったものとなる。
15

【0037】 フィルタ回路 $40_{m,1}$ の出力電圧値は、その値が安定した時点で A/D 変換回路 $50_{m,1}$ により A/D 変換されて、期間 $T_{2,3}$ に A/D 変換回路 $50_{m,1}$ からデジタル値が出力される。ここで、期間 $T_{2,3}$ に A/D 変換回路 $50_{m,1}$ から出力されるデジタル値は、期間 $T_{2,1}$ にフォトダイオード $PD_{2,m,1}$ の接合容量部から積分回路 $20_{m,1}$ の積分容量素子 C_{20} に移動した電荷の量に応じたもの、すなわち、フォトダイオード $PD_{2,m,1}$ への光入射の強度に応じたものである。
20

【0038】 以上では、スイッチ $SW_{1,m,1}$ 、スイッチ $SW_{2,m,1}$ 、積分回路 $20_{m,1}$ 、 CDS 回路 $30_{m,1}$ 、フィルタ回路 $40_{m,1}$ および A/D 変換回路 $50_{m,1}$ について、すなわち、 n が 1 の場合について、動作を説明した。 n が 2～4 の場合も、
25

動作タイミングがシフトするものの同様である。

【0039】 したがって、フォトダイオード $PD_{1,m,1}$ への光入射の強度に応じたデジタル値が期間 $T_{1,3}$ に出力され、フォトダイオード $PD_{1,m,2}$ への光入射の強度に応じたデジタル値が期間 $T_{1,4}$ に出力され、フォトダイオード $PD_{1,m,3}$ への光入射の強度に応じたデジタル値が期間 $T_{2,1}$ に出力され、フォトダイオード $PD_{1,m,4}$ への光入射の強度に応じたデジタル値が期間 $T_{2,2}$ に出力され、フォトダイオード $PD_{2,m,1}$ への光入射の強度に応じたデジタル値が期間 $T_{2,3}$ に出力され、フォトダイオード $PD_{2,m,2}$ への光入射の強度に応じたデジタル値が期間 $T_{2,4}$ に出力され、フォトダイオード $PD_{2,m,3}$ への光入射の強度に応じたデジタル値がその後の期間 $T_{1,1}$ に出力され、フォトダイオード $PD_{2,m,4}$ への光入射の強度に応じたデジタル値が期間 $T_{1,2}$ に出力される。

【0040】 以上のように、本実施形態に係る光検出装置 1 では、 $(K \times M \times N)$ 個のフォトダイオード $PD_{k,m,n}$ が光検出部 10 において M 行 $(K \times N)$ 列に配列されていて、各行の $(K \times N)$ 個のフォトダイオード $PD_{k,m,n}$ ($k=1 \sim K$ 、 $n=1 \sim N$) について順次に時間 T 毎に処理（電荷蓄積、CDS、フィルタリング、A/D変換）がなされる。一方、積分回路 $20_{m,n}$ における電荷蓄積動作、CDS回路 $30_{m,n}$ におけるCDS動作、フィルタ回路 $40_{m,n}$ におけるフィルタリング動作、および、A/D変換回路 $50_{m,n}$ におけるA/D変換動作それぞれは、時間 $(N \times T)$ 毎に処理がなされる。

【0041】 本実施形態に係る光検出装置 1 では、積分回路 $20_{m,n}$ から出力された電圧値に含まれる熱雑音成分がフィルタ回路 $40_{m,n}$ により低減される。また、フィルタ回路 $40_{m,n}$ から出力される電圧値波形は鈍るが、積分回路 $20_{m,n}$ における電荷蓄積からA/D変換回路 $50_{m,n}$ におけるA/D変換に至る迄の動作は時間 $(N \times T)$ 毎に処理がなされ、フィルタ回路 $40_{m,n}$ から出力される電圧値は、その値が安定した時点でA/D変換回路 $50_{m,n}$ によりA/D変換される。したがって、この光検出装置 1 は、光検出の高速性を維持したまま、光検出の S/N 比

が改善され得る。また、積分回路 $20_{m,n}$ に含まれるアンプ A_{20} の入力トランジスタ・コンダクタンス G_m を大きくしなくても、光検出の S/N 比の改善が図られるので、アンプ A_{20} の消費電力の増加が抑制され、発熱の問題が低減される。

【0042】 また、CDS回路 $30_{m,n}$ が設けられていることにより、積分回路 $20_{m,n}$ のアンプ A_{20} のオフセットばらつきがCDS回路 $30_{m,n}$ により除去されるので、この点でも、光検出の S/N 比の改善が図られる。なお、CDS回路 $30_{m,n}$ にもアンプ A_{30} が含まれているが、このアンプ A_{30} で生じる熱雑音は、積分回路 $20_{m,n}$ に含まれているアンプ A_{20} で生じる熱雑音と比べて僅かである。

【0043】 また、A/D変換回路 $50_{m,n}$ が設けられていることにより、光検出装置1により得られた光検出データはデジタル値として出力されるので、この光検出データの記憶や画像処理が容易である。また、A/D変換回路 $50_{m,n}$ に対する高速処理の要求も緩和されるので、A/D変換回路 $50_{m,n}$ における消費電力の増加も抑制される。

【0044】 さらに、 $(K \times M \times N)$ 個のフォトダイオード $PD_{k,m,n}$ が M 行 $(K \times N)$ 列に配列されていて、フォトダイオード $PD_{k,m,n}$ が第 m 行第 $(n + (k - 1)N)$ 列の位置に配置されており、フォトダイオード $PD_{k,m,n}$ についての処理（電荷蓄積、CDS、フィルタリング、A/D変換）が各行について列の並び順になされるので、この点でも、光検出装置1により得られた光検出データの記憶や画像処理が容易である。

【0045】 なお、上記実施形態ではCDS回路 $30_{m,n}$ の後段にフィルタ回路 $40_{m,n}$ を設けたが、積分回路 $20_{m,n}$ とCDS回路 $30_{m,n}$ との間にフィルタ回路を設けてもよい。積分回路 $20_{m,n}$ とCDS回路 $30_{m,n}$ との間に設けられるフィルタ回路は、既述したフィルタ回路 $40_{m,n}$ と同様の構成のものであってもよいが、図5中に示されるように抵抗素子 R のみから構成されるものであってもよい。この抵抗素子 R もローパスフィルタとして作用し得る。

産業上の利用可能性

【0046】 以上、詳細に説明したとおり、本発明に係る光検出装置では、各 m 値および各 n 値について、 K 個のフォトダイオード $PD_{k,m,n}$ ($k = 1 \sim K$) それぞれにおいて光入射に応じて発生した電荷は、順次に、1 個の積分回路に入力して蓄積され、この蓄積された電荷の量に応じた電圧値が積分回路から出力される。そして、積分回路から出力された電圧値に含まれる熱雑音成分はフィルタ回路により低減されて、熱雑音成分低減後の電圧値がフィルタ回路から出力される。したがって、この光検出装置は、 S/N 比および速度の何れをも確保することができる。

請求の範囲

1. 入射光強度に応じた量の電荷を各々発生する($K \times M \times N$)個のフォトダイオード $PD_{k,m,n}$ と (ただし、 K は2以上の整数、 k は1以上 K 以下の各整数、 M は1以上の整数、 m は1以上 M 以下の各整数、 N は2以上の整数、 n は1以上 N 以下の各整数)、

前記($K \times M \times N$)個のフォトダイオード $PD_{k,m,n}$ のうち K 個のフォトダイオード $PD_{k,m,n}$ ($k = 1 \sim K$) に対応して1つずつ設けられ、これら K 個のフォトダイオード $PD_{k,m,n}$ ($k = 1 \sim K$) それぞれで発生した電荷を順次に入力して蓄積し、この蓄積した電荷の量に応じた電圧値を出力する($M \times N$)個の積分回路と、

前記($M \times N$)個の積分回路それぞれに対応して1つずつ設けられ、各々対応する積分回路から出力された電圧値に含まれる熱雑音成分を低減して、その熱雑音成分低減後の電圧値を出力する($M \times N$)個のフィルタ回路と、

を備えることを特徴とする光検出装置。

2. 前記積分回路と前記フィルタ回路との間に設けられ、前記積分回路から出力された電圧値を入力し、この電圧値の一定時間の変化分を表す電圧値を出力するCDS回路を更に備えることを特徴とする請求の範囲第1項に記載の光検出装置。

3. 前記フィルタ回路から出力された電圧値を入力し、この電圧値をA/D変換して、この電圧値に応じたデジタル値を出力するA/D変換回路を更に備えることを特徴とする請求の範囲第1項に記載の光検出装置。

4. 前記($K \times M \times N$)個のフォトダイオード $PD_{k,m,n}$ が M 行($K \times N$)列に2次元状 ($M=2$ のとき) または1次元状 ($M=1$ のとき) に配列されており、フォトダイオード $PD_{k,m,n}$ が第 m 行第($n + (k - 1)N$)列の位置に配置されている、ことを特徴とする請求の範囲第1項に記載の光検出装置。

図 1

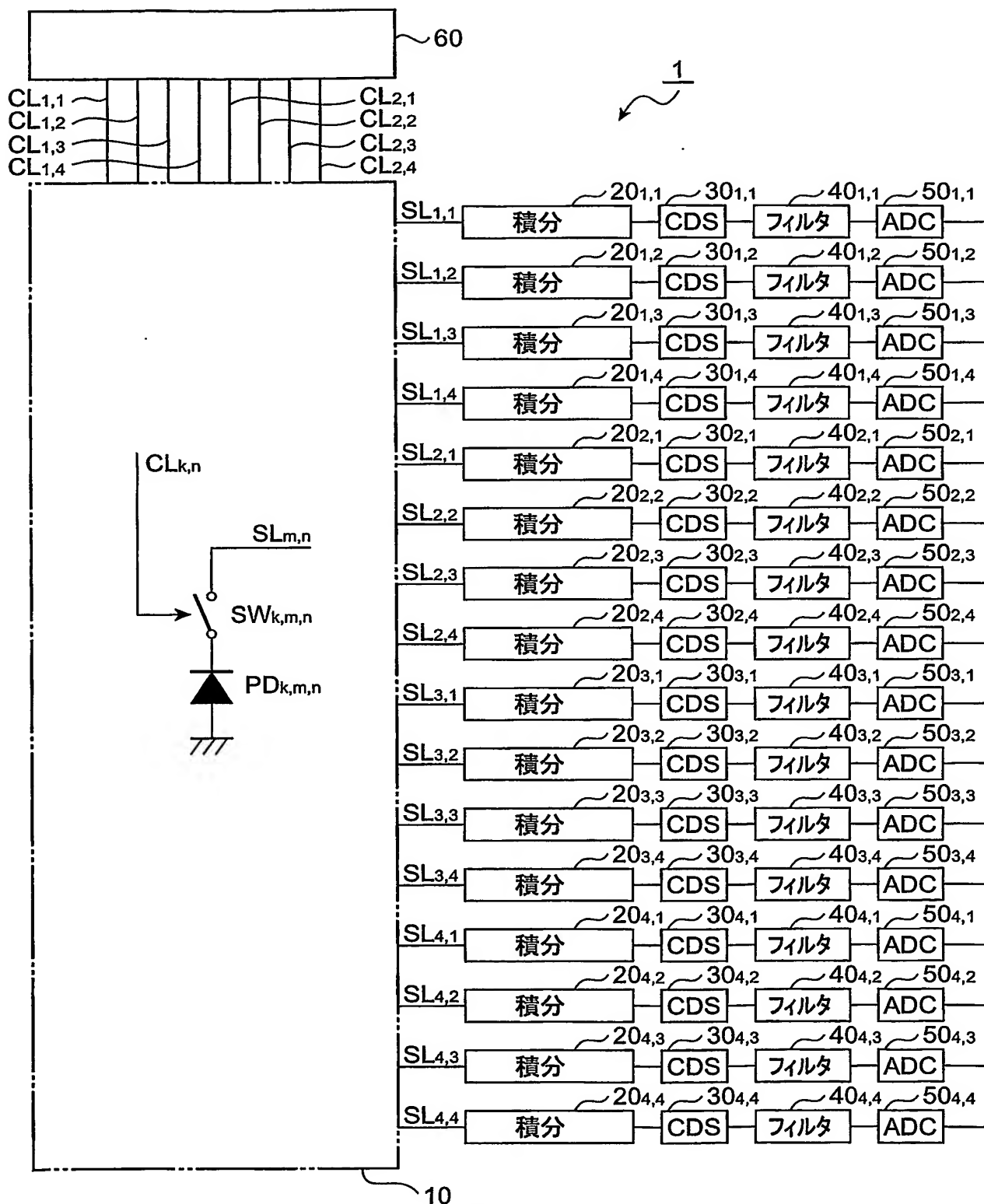


図2

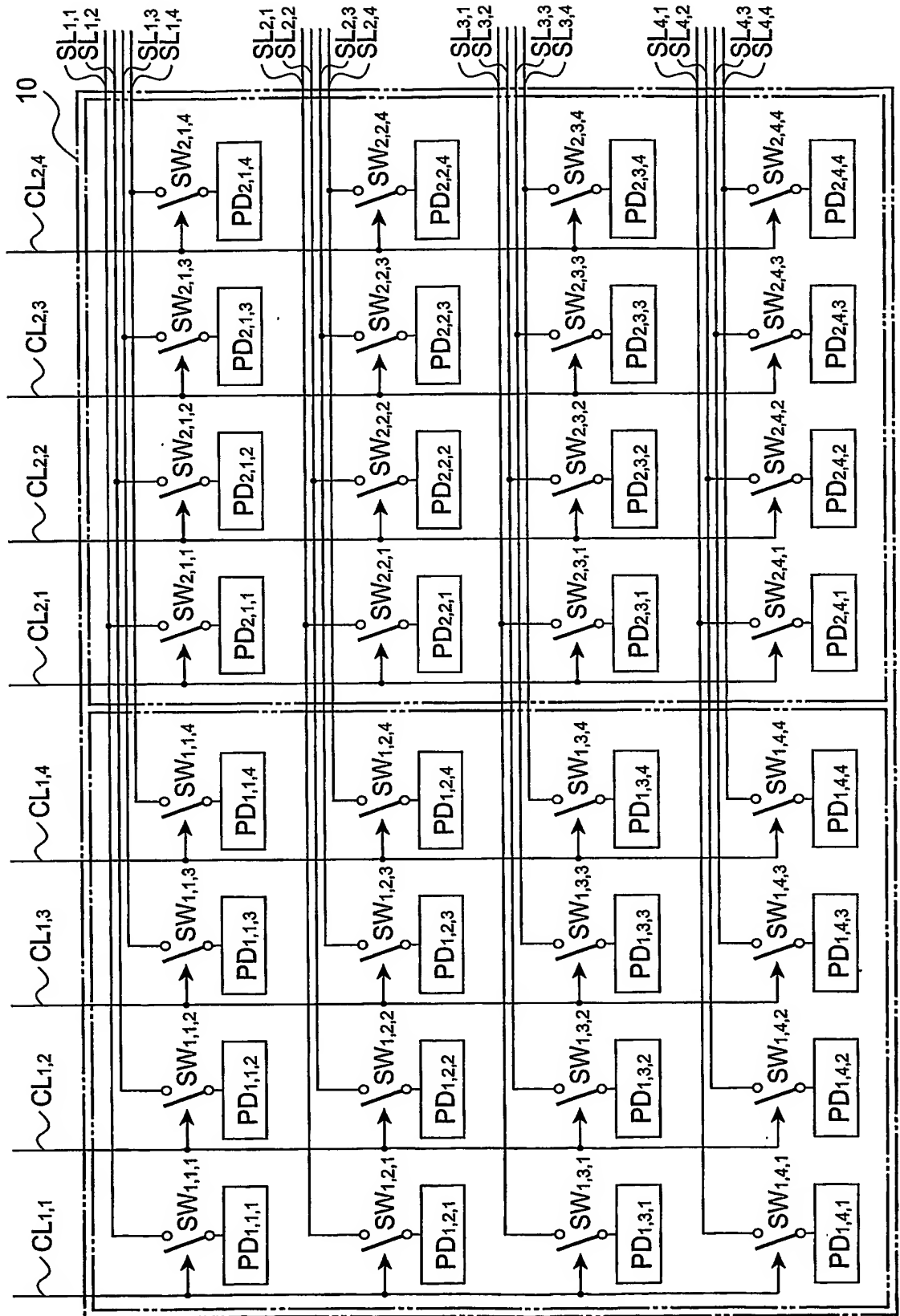


図3

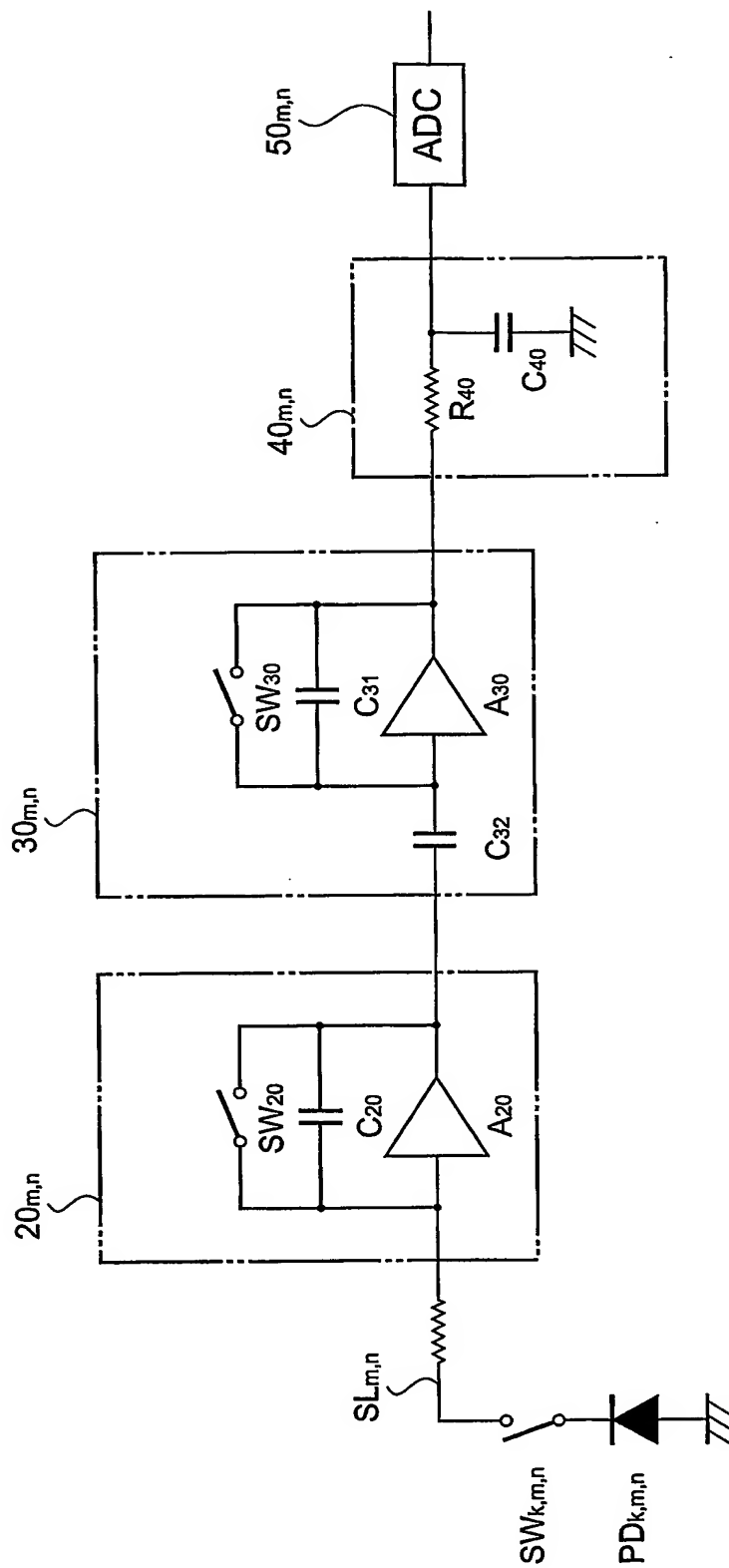


図4

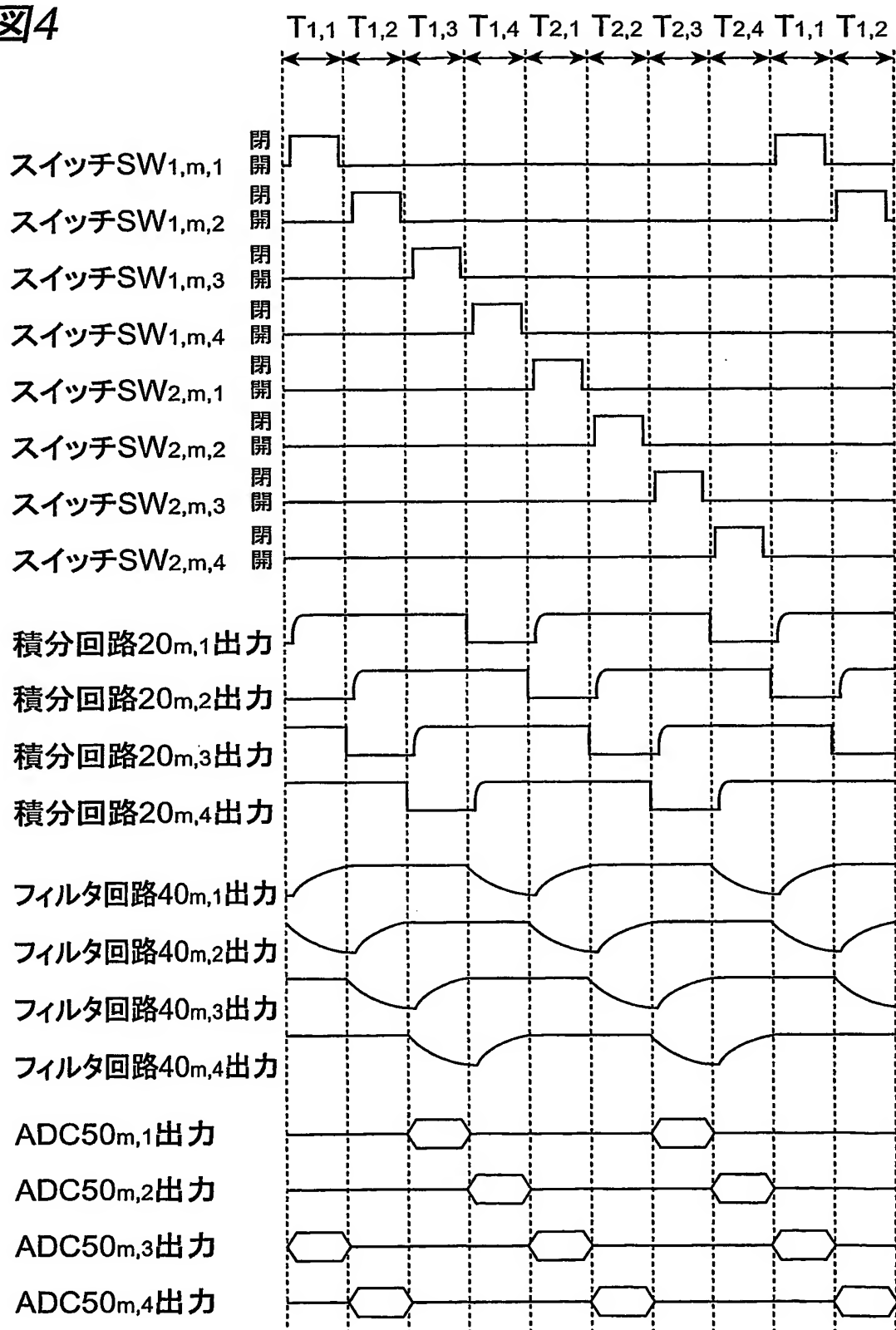
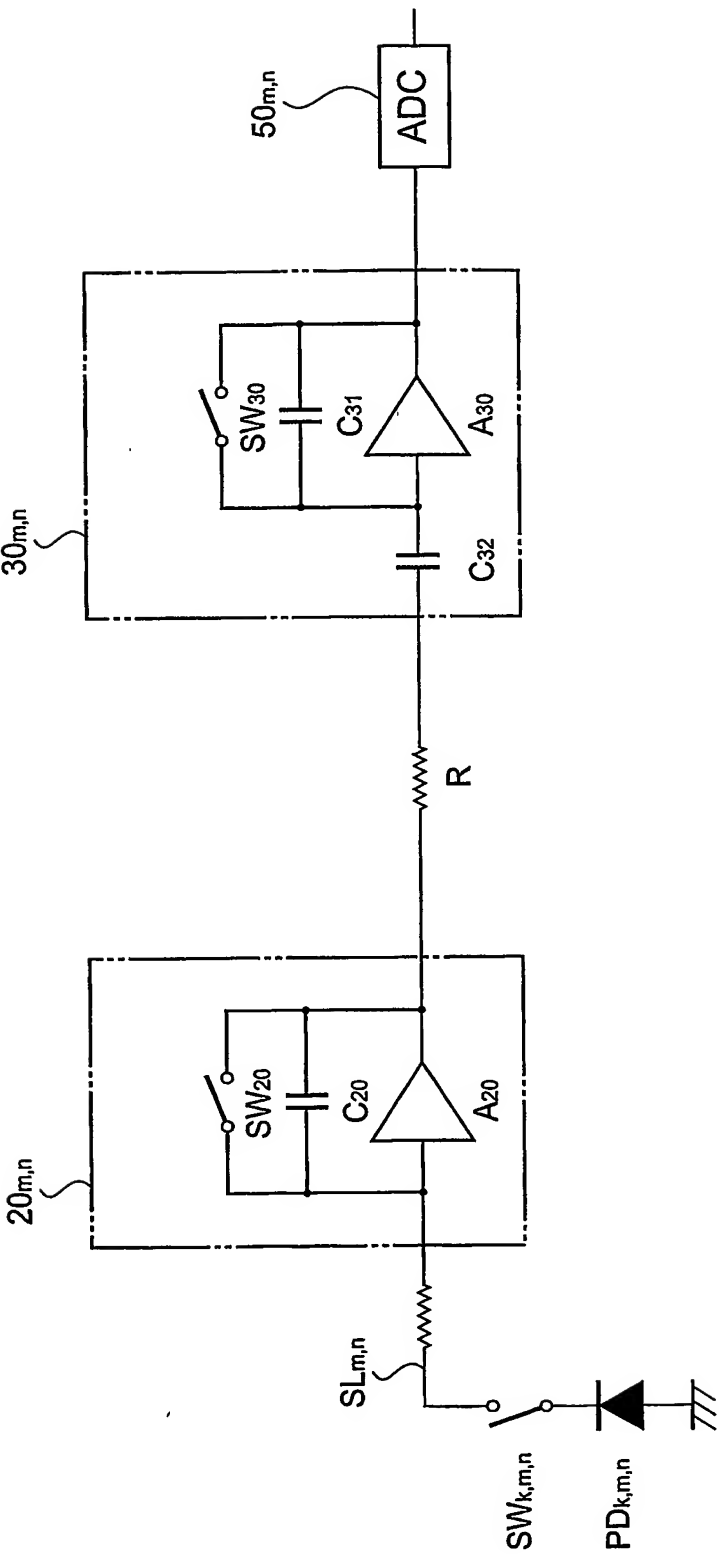


図5



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/16114

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER Int.Cl ⁷ H04N5/335, H01L27/146										
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC										
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) Int.Cl ⁷ H04N5/335, H01L27/146										
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched <table border="0"> <tr> <td>Jitsuyo Shinan Koho</td> <td>1922-1996</td> <td>Jitsuyo Shinan Toroku Koho</td> <td>1996-2004</td> </tr> <tr> <td>Kokai Jitsuyo Shinan Koho</td> <td>1971-2004</td> <td>Toroku Jitsuyo Shinan Koho</td> <td>1994-2004</td> </tr> </table>			Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004	Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004
Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004							
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004							
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) JOIS										
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT										
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.								
Y	JP 9-270960 A (Hamamatsu Photonics Kabushiki Kaisha), 14 October, 1997 (14.10.97), Par. Nos. [0035] to [0054]; Figs. 1 to 3 & US 6002435 A	1-4								
Y	JP 2000-324397 A (Sony Corp.), 24 November, 2000 (24.11.00), Full text; Figs. 1 to 9 (Family: none)	1-4								
Y	JP 2002-51264 A (Sharp Corp.), 15 February, 2002 (15.02.02), Par. Nos. [0002] to [0004]; Figs. 6 to 7 (Family: none)	1-4								
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.										
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family								
Date of the actual completion of the international search 23 March, 2004 (23.03.04)		Date of mailing of the international search report 13 April, 2004 (13.04.04)								
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer								
Facsimile No.		Telephone No.								

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/16114

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 9-238286 A (Toshiba Corp.), 09 September, 1997 (09.09.97), Par. Nos. [0013] to [0019]; Figs. 1 to 2 & US 5990948 A & EP 793380 A	3
A	JP 2000-32342 A (Hamamatsu Photonics Kabushiki Kaisha), 28 January, 2000 (28.01.00), Full text; Figs. 1 to 7 & WO 00/02434 A1 & EP 1154483 A & US 2001/8422 A	1-4
A	WO 01/11870 A1 (Hamamatsu Photonics Kabushiki Kaisha), 15 February, 2001 (15.02.01), Full text; Figs. 1 to 14 & EP 1206131 A & US 2002/85104 A	1-4
A	JP 9-51476 A (Hamamatsu Photonics Kabushiki Kaisha), 18 February, 1997 (18.02.97), Full text; Figs. 1 to 6 & US 6201573 A	1-4

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H04N5/335, H01L27/146

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H04N5/335, H01L27/146

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2004年
 日本国実用新案登録公報 1996-2004年
 日本国登録実用新案公報 1994-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

JOIS

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 9-270960 A (浜松ホトニクス株式会社) 1997. 10. 14, 段落番号【0035】-【0054】, 第1-3図 & US 6002435 A	1-4
Y	JP 2000-324397 A (ソニー株式会社) 2000. 11. 24, 全文, 図1-9図 (ファミリーなし)	1-4

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

- 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

- 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

23. 03. 2004

国際調査報告の発送日

13. 4. 2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

徳田 賢二

5P

3137

電話番号 03-3581-1101 内線 3502

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 2002-51264 A (シャープ株式会社) 2002. 02. 15, 段落番号【0002】 - 【0004】 , 第6-7図 (ファミリーなし)	1-4
Y	JP 9-238286 A (株式会社東芝) 1997. 09. 09, 段落番号【0013】 - 【0019】 , 第1-2図 & US 5990948 A & EP 793380 A	3
A	JP 2000-32342 A (浜松ホトニクス株式会社) 2000. 01. 28, 全文, 第1-7図 & WO 00/02434 A1 & EP 1154483 A & US 2001/8422 A	1-4
A	WO 01/11870 A1 (浜松ホトニクス株式会社) 2001. 02. 15, 全文, 第1-14図 & EP 1206131 A & US 2002/85104 A	1-4
A	JP 9-51476 A (浜松ホトニクス株式会社) 1997. 02. 18, 全文, 第1-6図 & US 6201573 A	1-4